

La previsione del terremoto dell'Aquila del 6 Aprile 2009 (M_l 5.8)

(Warner Marzocchi; 18 Aprile 2009)

Il presente documento riporta alcune considerazioni sintetiche sulla prevedibilità del terremoto del 6 Aprile. In particolare, si analizza se si può affermare che ci siano stati dei *precursori* prima del terremoto. Per rispondere a questa domanda ci si basa **solamente** su modelli o stime pubblicate o rese disponibili precedentemente all'evento. In questo modo si esclude a priori ogni possibile *bias* retrospettivo, o più brutalmente, ogni possibile conscio o inconscio aggiustamento dei risultati.

Ci sono stati *precursori* prima del terremoto?

La risposta sintetica è no. Si è discusso molto di due possibili precursori, 1) le emissioni di radon (G. Giuliani), e 2) la sismicità definita da alcuni come "anomala" e quindi un potenziale precursore.

2.1 Il precursore radon. Per quanto riguarda il radon come precursore, un ottimo sunto della situazione è stato recentemente pubblicato dalla rivista SCIENCE in data 17 Aprile 2009 (in Allegato). Esiste anche un breve documento scritto dal W. Marzocchi in data 10 Aprile nel quale si riporta con maggiore dettaglio le critiche a tale procedura. Detto ciò, passo al punto successivo, rimanendo comunque a disposizione per eventuali maggiori chiarimenti.

2.2 Il precursore sismico. Per quanto riguarda la sismicità, il problema è più interessante. In generale, l'occorrenza di un terremoto o di uno sciame sismico alza la probabilità di avere un terremoto di grande magnitudo. Esistono modelli che utilizzano tale sismicità pre-evento per delle previsioni "deterministiche". Ad esempio, alcuni modelli interpretano un'accelerazione lineare della sismicità (o meglio del momento sismico rilasciato) come un precursore di un grande evento. A tutt'oggi, comunque, tali modelli non sono in grado di localizzare in anticipo l'epicentro, non forniscono percentuali di "falsi positivi" (o falsi allarmi) e, ancora più importante, non c'è nessuna prova scientifica che confermi la loro capacità di previsione. Per ora, tali modelli possono essere visti solo come in fase molto sperimentale.

I modelli più utilizzati in ambito scientifico per calcolare l'aumento di probabilità indotto da uno sciame sismico sono i modelli ETAS (*Epidemic-Type Aftershock Sequence*). In questa relazione si riportano i risultati ottenuti con il modello ETAS di Lombardi e Marzocchi utilizzato tutti i giorni per il *forecast* degli *aftershock* e calibrato prima dell'occorrenza del terremoto del 6 Aprile. Senza entrare nei dettagli del modello, si sottolineano alcuni punti di interesse:

- Il modello si basa sul fatto che ogni terremoto può generare altri terremoti seguendo certe regole. Tale capacità è funzione della magnitudo e decade nello spazio e nel tempo con leggi di potenza (simili al decadimento spaziale co-sismico e la legge temporale di Omori).
- Il modello stima delle probabilità e non fa delle previsioni "deterministiche".
- Il modello è usato proficuamente per **descrivere le sequenze sismiche di *aftershock*** (come dice il nome stesso), perché, come mostrato in seguito, attribuisce raramente delle probabilità alte di occorrenza ai *mainshock*.
- Il modello ETAS è uno dei pochissimi modelli che può essere usato in tempo reale per il *forecast* quantitativo dei terremoti e la sua affidabilità è stata verificata in diverse sequenze sismiche come Colfiorito e Landers in California, e anche nell'esperimento RELM in California.

- Per ora, il *forecast* in tempo reale degli *aftershock* è fatto solo in Italia, California e Nuova Zelanda (tra i paesi ad alta sismicità).

Per quantificare l'aumento di probabilità dovuto allo sciame sismico iniziato a Gennaio 2009, tramite il modello ETAS è stata calcolata la probabilità di un terremoto di magnitudo M_l 5.5 o maggiore nell'area epicentrale il giorno prima dell'evento (*forecast* del 5 Aprile 2009 ore 8:00 AM). Tale stima è riportata in figura 1, con la posizione del *mainshock* (pallino blu più grande).

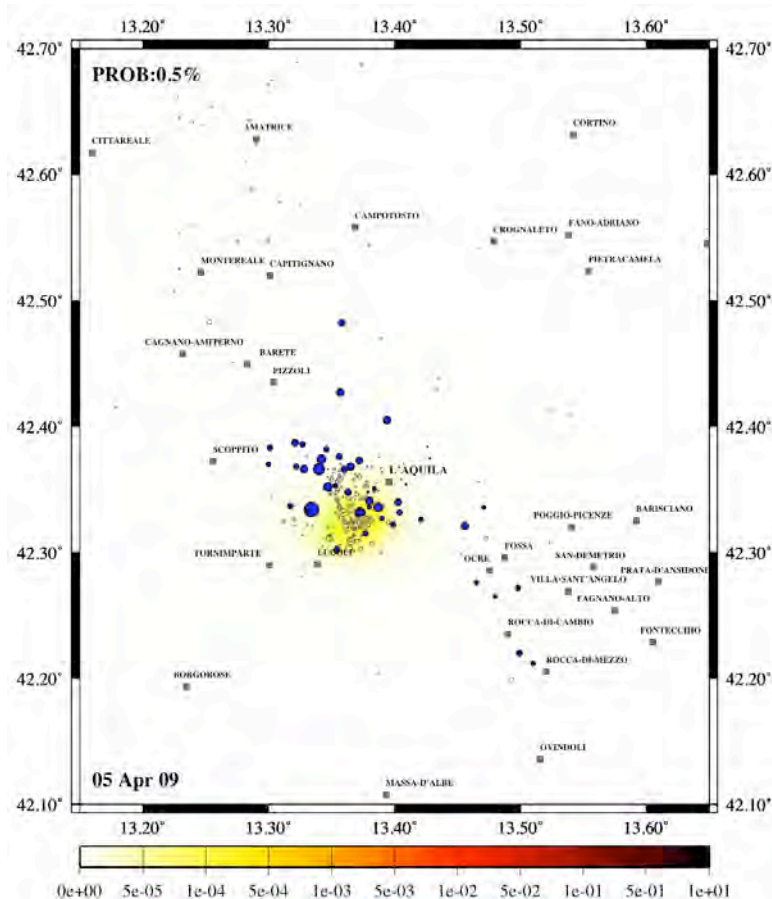


Figura 1. Mappa di probabilità di occorrenza giornaliera per terremoti M_l 4+ dal 5 Aprile ore 8:00 AM al 6 Aprile ore 8:00 AM. In blu si riporta la sismicità realmente avvenuta in questo intervallo di tempo. Il pallino blu più grande rappresenta l'evento principale con M_l 5.8. Si noti che la probabilità riportata nell'angolo in alto a sinistra è relativa a terremoti di M_l 4 o più grandi.

In particolare, la probabilità per un terremoto di M_l 5.5 o maggiore per il 6 Aprile in tutta l'area considerata è 10^{-4} (**0.01%** se espresso in percentuale). **La probabilità è certamente aumentata rispetto a quanto si poteva stimare in Dicembre prima che lo sciame sismico del 2009 iniziasse, perché ogni terremoto aumenta la probabilità di eventi successivi (sia grandi che piccoli), ma il valore di probabilità per un evento di grande magnitudo rimane molto basso. Questa caratteristica è piuttosto comune per i modelli ETAS ed è la ragione per la quale non sono usati per "prevedere" i terremoti di grande energia, ma piuttosto per descrivere le sequenze di *aftershocks*.**

Tornando al nostro caso, se calcoliamo la probabilità settimanale si ha $7 \cdot 10^{-4}$, o espresso in percentuale **0.07%**. A scopo di verifica, è stato calcolata la stessa probabilità settimanale in altri modi, ad esempio con un semplice conteggio degli eventi avvenuti la settimana prima

(con M_l 1.5 o più grandi) e scalati con una Gutenberg-Richter^{*}. In tutti i casi, la probabilità settimanale non supera mai lo **0.4%** (era **0.01%** prima della crisi di inizio anno). Tali percentuali sono in linea con quanto ottenuto da altri ricercatori analizzando casi analoghi (sia in Italia che in Giappone, California e Nuova Zelanda).

In pratica, anche se ogni terremoto aumenta la probabilità di avere terremoti di grande energia, la probabilità raggiunta prima del terremoto dell'Aquila era comunque molto bassa. **Ciò significa che se si interpreta un incremento di sismicità (e conseguentemente di probabilità) paragonabile a quella precedente l'evento principale del 6 Aprile come un segnale "precursore" di un terremoto, possiamo sperare di "prevedere" alcuni eventi di grande energia (NOTA: non tutti i grandi terremoti sono anticipati da sciami sismici), ma la cosa più importante è che si avranno anche CENTINAIA di falsi allarmi (se le probabilità sono dell'ordine di 0.1%, significa che su 1000 sciami sismici, solo uno anticipa un grande terremoto).**

Come esempio di falso allarme, viene menzionato lo sciame sismico di Bombay Beach in California meridionale (quindi vicino ad aree con alto potenziale sismogenetico) avvenuto in concomitanza con lo sciame dell'Abruzzo. Tale crisi è iniziata in Gennaio per concludersi con un aumento deciso di sismicità che ha portato ad un evento sismico di M 4.8. Dopo di che la sismicità è tornata ai livelli pre-crisi. Ovviamente, i casi di falsi allarmi sono davvero tanti, sia in Italia che nel mondo. Quello di Bombay Beach ha la prerogativa di essere "sincrono" a quello dell'Abruzzo.

Un recente esempio in Italia con caratteristiche simili allo sciame aquilano è quello del Mugello del Marzo 2008. Dopo circa un centinaio di scosse di magnitudo minori di 3.1, durate circa un mese e mezzo, è avvenuto un terremoto di magnitudo 4.1 (1 Marzo 2008) senza che poi sia seguita una scossa a magnitudo maggiore.

Come considerazione conclusiva, si sottolinea che le stime riportate in questa relazione si basano sul modello ETAS. La scelta è obbligata in quanto non esistono, a tutt'oggi, altri modelli verificati sperimentalmente che stimano quantitativamente l'aumento di probabilità indotto da uno sciame sismico.

^{*} Non deve sorprendere la differenza tra questa semplice strategia e il modello ETAS, in quanto quest'ultimo è più accurato nel tenere conto di come è evoluta la sequenza fino a quel momento.